



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

의학석사 학위논문

상지의 완전 혹은 불완전 절단 환자에서
재접합술, 혹은 재혈관화술의 임상적 결과:
단일 기관에서의 13 년간의 경험과 문헌에 보고된 상지
절단 환자에서의 팔이식술 결과와의 간접 비교

Results of major upper extremity
replantation or revascularization:

Thirteen years of experiences in a single center, and
an indirect comparison of outcomes with reported arm
transplantations

2013 년 12 월

서울대학교 대학원

의학과 정형외과학 전공

이 정 은

A thesis of the Master' s degree

Results of major upper extremity replantation or revascularization:

Thirteen years of experiences in a single center, and
an indirect comparison of outcomes with reported arm
transplantations

December 2013

The Department of Orthopedic Surgery,

Seoul National University

College of Medicine

Jung Eun Lee

상지의 완전 혹은 불완전 절단 환자에서
재접합술, 혹은 재혈관화술의 임상적 결과:
단일 기관에서의 13 년간의 경험과 문헌에 보고된 상지
절단 환자에서의 팔이식술 결과와의 간접 비교

지도교수 이 영 호

이 논문을 의학석사 학위논문으로 제출함

2013 년 12 월

서울대학교 대학원

의학과 정형외과학 전공

이 정 은

이정은의 의학석사 학위논문을 인준함

2013 년 12 월

위 원 장 백 구 현 (인)

부 위 원 장 이 영 호 (인)

위 원 홍 성 환 (인)

Results of major upper extremity replantation or revascularization:

Thirteen years of experiences in a single center, and an indirect comparison of outcomes with reported arm transplantations

by

Jung Eun Lee

A thesis submitted to the Department of Orthopedic Surgery in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Science in Medicine at Seoul National University College of Medicine

December, 2013

Approved by Thesis Committee:

Professor Goo Hyun Baek Chairman

Professor Young Ho Lee Vice chairman

Professor Sung Hwan Hong

학위논문 원문제공 서비스에 대한 동의서

본인의 학위논문에 대하여 서울대학교가 아래와 같이 학위논문 제공하는 것에 동의합니다.

1. 동의사항

- ① 본인의 논문을 보존이나 인터넷 등을 통한 온라인 서비스 목적으로 복제할 경우 저작물의 내용을 변경하지 않는 범위 내에서의 복제를 허용합니다.
- ② 본인의 논문을 디지털화하여 인터넷 등 정보통신망을 통한 논문의 일부 또는 전부의 복제, 배포 및 전송 시 무료로 제공하는 것에 동의합니다.

2. 개인(저작자)의 의무

본 논문의 저작권을 타인에게 양도하거나 또는 출판을 허락하는 등 동의 내용을 변경하고자 할 때는 소속대학(원)에 공개의 유보 또는 해지를 즉시 통보하겠습니다.

3. 서울대학교의 의무

- ① 서울대학교는 본 논문을 외부에 제공할 경우 저작권 보호장치(DRM)를 사용하여야 합니다.
- ② 서울대학교는 본 논문에 대한 공개의 유보나 해지 신청 시 즉시 처리해야 합니다.

논문 제목 : 상지의 완전 혹은 불완전 절단 환자에서 재접합술, 혹은 재혈관화술의 임상적 결과: 단일 기관에서의 13 년간의 경험과 문헌에 보고된 상지 절단 환자에서의 팔이식술 결과와의 간접 비교

학위구분: 석사 ☒ · 박사 ☐

학 과: 의학과(정형외과학)

학 번: 2012-21707

연 락 처:

저 작 자: 이 정 은(인)

제 출 일: 2013 년 12 월

서울대학교총장 귀하

초 록

서론: 상지에서의 손목보다 근위부 절단에 대한 재접합술은 주요 사지 접합술(major replantation) 혹은 거대 접합(macro-replantation)으로 분류된다. 최근 미세 수술 기법의 발달로, 재접합술의 궁극적인 목적은 사지를 보존하는 것에 그치지 않고, 정상 기능의 회복과 만족스러운 외관에 있다. 이 연구의 목적은 2000년 1월부터 2013년 10월까지 단일 기관에서 상지 손목 근위부 완전 혹은 불완전 절단으로 재접합술 혹은 재혈관화술을 시행 받은 환자와 그 치료 결과에 대하여 분석해 보고, 문헌에 보고된 상지에서의 팔이식술(arm transplantation)의 결과와 간접 비교하여 보고자 한다.

방법: 상지에서 손목 근위부 완전, 혹은 불완전 절단으로 치료 받은 환자, 25례를 대상으로 하였다. 평균 추시 관찰 기간은 34.4(범위: 7~85)개월 이었으며, 환자의 평균 나이는 35.6(범위: 14~70)세였다. 상지 양측 절단의 경우는 없었다. 완전 절단은 4례, 불완전 절단은 21례였다. 손상의 기전은 압제-건열 손상이 5례, 절단 손상이 16례, 압제 손상이 2례, 건열 손상이 2례였다. 상지에서의 절단 위치는 건관절에서 원위 상완부 사이가 8례, 주관절과 전완부 중간부까지는 7례, 원위 전완부 에서 손목 관절 상부까지 10례였다. 환자의 치료 결과에 대한 평가는 DASH (Disabilities of the Arms, Shoulder and Hand) 점수 등을 사용하여 평가하였다.

결과: 평균 허혈 시간은 380.1(범위: 120~600)분이었다. 총 25례중 23례인 95.6%에서 상지를 보존하였다. 마지막 추시 관찰에서 평균 이점 식별력은 평균 7.7(범위: 4~15)mm였으며, 평균 VAS 점수는 2.91(범위: 1~7), 평균 DASH 점수는 13.2(범위: 2~85)이었다.

결론: 상지에서 재접합술, 혹은 재혈관화술은 기능을 회복하는 좋은 방법이며, 절단 환자의 치료 방침을 결정할 때 재접합의 가능성을 최우선으로 염두에 두고 신중하게 결정해야 한다.

주요어: 상지 절단, 재접합술, 재혈관화술, 팔이식, 의수

학 번: 2012-21707

목 차

초록.....	i
목차.....	iii
표 및 그림 목록.....	iv
서론.....	1
연구대상 및 방법	4
결과.....	8
고찰.....	22
결론.....	29
참고문헌	30
초록 (영문)	34

List of Tables

Table 1. Chen' s criteria for evaluation of function after extremity replantation	7
Table 2. Patients data.....	10
Table 3. Association of variables with respect to limb survival	11
Table 4. Functional outcomes of arm transplantations shown in the other literatures.....	27
Table 5. Indirect comparison of outcomes of replantation and arm transplantation	28

List of Figures

그림 1. 증례 1 환자. 21세 여자 환자 우측 주관절 부위에서 불완전 절단	12
그림 2. 증례 1 환자의 수술장 소견	13
그림 3. 증례 1 환자의 재접합술 및 골 고정술 후 사진....	13
그림 4. 증례 1 환자의 추시 관찰 결과	14
그림 5. 증례 2 환자. 27세 여자 환자 좌측 상완부에서의 불완전 절단	16
그림 6. 증례 2 환자의 수술장 소견 및 재혈관화술 후 모습	17
그림 7. 증례 3 환자. 24세 남자환자의 다발성 손상...	18
그림 8. 증례 3 환자의 재혈관화술 및 골절 고정술 후 사진	19
그림 9. 증례 4 환자. 23세 남자 환자의 우측 전완부의 불완전 절단 손상	20
그림 10. 증례 4 환자의 수술장 소견 및 재건술 후 사진	20
그림 11. 증례 4 환자의 추시 관찰 결과	21

서론

완전히 절단된 사지에 대한 최초의 성공적인 재접합술이 1962년 Malt에(1) 의해서 이루어진 이후로, 재접합술을 성공적으로 이끄는 것이 절단된 사지의 기능을 복원하기 위한 가장 좋은 방법이라는 원칙은 끊임없이 지켜져 왔다. 전 세계의 많은 미세수술센터에서 성공적인 수지 재접합의 결과를 보고하고 있지만, 사지 재접합에 관한 보고는 비교적 적은 편이라 할 수 있다. 상지에서는 손목, 하지에서는 발목보다 근위부의 재접합술은 사지 접합술(major replantation) 혹은 거대 접합술(macro-replantation)로 분류되는데, 수족지 말단부의 재접합술과 가장 큰 차이는 허혈에 취약한 근육량이 많기 때문에 수술의 결과와 예후가 불량할 가능성이 높다는 것이다(2). Davis Sear와 Chung 등(3)의 최근 보고에서, 수지의 완전 절단이나 무지의 견열 손상 절단의 경우 재접합술의 성공율은 66%정도라고 보고하고 있고, Hahn과 Jung은(4) 540명의 원위 수지부 이하 절단 환자의 재접합 성공율을 92%라고 보고하였다. 사지 재접합술의 경우에는 허혈-재관류 손상으로 인하여 그 성공율은 더 낮을 것으로 예측된다. 그 이유로는 사지 절단의 빈도가 수족지 말단의 절단에 비하여 드물기도 하지만, 대부분 초기 손상 정도가 심한 경우가 많고, 출혈과 동반 손상이 환자의 생명이 위협할 수 있다. 또한 기술적으로도 높은 수준을 요구하는데, 대부분의 절단 손상에서 혈관손상은 물론 개방 골절, 연부조직 손상, 신경 손상이 동반되어 있기 때문이다. 이에 더하여 허혈 시간이 말초 절단에 비하여 짧아야 하기 때문에 환자 후송과 의료 시스템이 잘 갖추어져서 협력이 잘되어야 한다는 점, 재접합술 후 재관류 손상의 가능성, 재건을 위하여 수차례의 수술이 필요할

수 있다는 점, 장기간의 입원과 재활 및 경제적 부담, 환자의 의지가 필요하다는 점 등 많은 어려움을 극복해내야만 한다. 최근 미세 수술 기법의 발달로, 재접합술의 궁극적인 목적은 사지를 보존하는 것에 그치지 않고, 정상 기능의 회복에 있어 그 기대치는 점점 높아진다고 볼 수 있다. 하지만, 주요 사지 재접합술의 적응증이나 치료 방침에 대해서는 아직까지 명확하게 확립된 근거는 없다. 재접합술의 시도는 손상의 기전과 범위나 허혈 시간과 허혈 온도, 환자의 전신상태, 심혈관계 질환의 병력, 환자의 의지 등 다양한 요인들을 고려하여 결정해야 한다. 임상적으로는, 허혈 시간을 가장 기본적이면서도, 결과를 예측하는 중요한 인자로 생각하고 있으며, 손상부위와 기전, 허혈 온도, 측부 혈류(혹은 잔류 혈류량), 근육의 위치나 근육 섬유의 종류 등도 고려의 대상이다(5). 허혈 시간과 허혈 온도 등에 대하여서는 다양한 사례와 이견이 있다. 2007년 Sabapathy 등은(6) 22명의 주요 상지 절단환자의 재접합술과 그 결과에 대하여 보고하면서, 절단부위와 허혈 시간에 따른 처치 기준을 제시하였다. 그들은 상완부에서는 6시간 이상, 주관절 부위에서는 7시간 이상, 전완에서 손목 부위에서의 절단은 8시간 이상이 경과하면 재접합술을 시도하지 않도록 하였다. 허혈 시간이나 허혈 온도에 대한 동물 실험 연구에서도 비슷한 범위의 결과를 보고 하고 있고(7), 해부 생리학적 실험결과에서도 허혈에 의한 근육의 비가역적 변화는 3시간 이후 시작되어, 6시간이 지나면 거의 괴사되는 것으로 알려져 있다(8). 하지만, 냉허혈 상태에서는 10시간, 온허혈 상태에서는 12시간이 경과한 경우에서도 성공적으로 재접합술이 이루어진 사례가 보고되고 있어(9), 허혈 시간이 주요 사지 재접합술의 절대적인 기준이 될 수는 없을 것이다. 절단 부위에 따라서도, 상하지 절단 환자에 있어 수술적 치료의 원칙은

비슷하지만, 상하지는 형태학적, 기능적면에서 다르기 때문에, 치료 방침을 결정하는데 있어서도 분명한 차이가 있다. 전통적으로 절단 환자의 경우 인공 의지(prosthetic limb)에 의존할 수 밖에 없었는데, 소재나 디자인, 기능면에서 발전을 거듭하고 있으며, 근전 전동 의수(myoelectric prosthesis)는 많은 이점을 지니고 있다. 하지 절단환자에서는 의족을 사용하여 재활을 꾸준히 시행하였을 때, 하지 재접합을 성공적으로 시행했을 때보다 기능적으로 더 우수한 결과를 나타내기도 한다(10). 오히려, 하지 재접합에 성공한 경우, 환자는 장기간의 입원과 여러 차례의 수술, 그리고 환상통과 기능이 전혀 없는 하지로 인하여 더 어려움을 겪는다는 보고도 많다(11-13). 하지만, 상지에서는 손의 다양한 움직임과 기능, 감각의 피드백은 현대 의수의 발전으로도 해결되기 어려운 문제이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 양쪽 상지 절단 환자들에 대하여 복합 조직 동종 이식(composite tissue allotransplantation, CTA)이 시도되어, 1998년 프랑스 리옹에서 세계 최초의 한쪽 팔 이식이 시행되었으며(14), 여러 문헌에서 기능적으로도 고무적인 결과를 보여 주고 있다(15-18). 이 연구의 목적은 2000년 1월부터 2013년 10월까지 서울대학교 병원 정형외과에서 상지의 손목 근위부 완전 혹은 불완전 절단으로 진단받고, 접합술, 혹은 재혈관화술을 시행 받은 환자를 대상으로 하여, 후향적으로 그 임상적 결과를 분석해 보고, 이 결과를 다른 문헌에 보고된 상지 절단 환자에서의 팔이식술의 결과와 간접 비교하여, 상지 절단 환자의 치료 수단으로써 재접합술과 재혈관화술의 가치를 평가해 보고자 한다.

연구 대상 및 방법

2000년 1월부터 2013년 10월까지 서울대학교병원 정형외과에서 주요 상지 절단으로 치료 받은 환자 25례를 대상으로 하였다. 평균 추시 관찰 기간은 34.4(범위: 7~85)개월이었으며 환자의 평균 나이는 35.6(범위: 14~70)세 였다. 상지 양측 절단의 경우는 없었으며, 1명의 환자에서 양측 하지 절단이 동반된, 다발성 손상이었다. 완전 절단은 4례, 불완전 절단은 21례였다. 손상의 기전은 압쇄-견열 손상이 5례, 절단 손상이 16례, 압쇄 손상이 2례, 견열 손상이 2례였다. 절단 위치는 건관절에서 원위 상완부 사이가 8례, 주관절과 전완부 중간부까지는 7례, 원위 전완부 에서 손목 관절 상부까지 10례였다.

수술 방법: 수술은 환자가 응급실에 도착하여 완전 절단이나 불완전 절단에 의한 혈관 손상이 의심되는 순간부터, 서울대학교병원 정형외과의 미세접합수술팀의 호출과 동시에 최대한 빨리 수술이 시작될 수 있도록 하였다. 이와 동시에 환자의 생체 징후와 동반된 손상에 대하여 철저하게 체크하고 처지 하도록 하였다. 환자는 전신마취 하에 수술을 시행하였으며, 혈관 이식의 경우를 대비하여 혈관 채취가 가능할 것으로 예측되는 하지도 함께 준비하였다. 완전 절단의 경우 절단 사지는 세척 후, 거즈와 비닐로 감싼 후 냉장 생리 용액에 중탕 방식으로 담귀, 저온 보관이 될 수 있도록 하였다. 개방 골절로 인한 골 노출의 경우에는 변연 절제술을 철저히 시행하면서, 동시에 혈관 이식이 필요한 경우에는 혈관을 채취하도록 하여 허혈 시간을 단축할 수 있도록 하였다. 골 단축술이나 골 고정술이 먼저 필요한 경우에도 허혈 시간이 6시간 이상 지난 경우에는 재혈관화를 먼저 시도하였다. 골단축술은 상황에 따라 혈관의 길이에 맞도록 하여, 혈관 재건술 후 당겨지지 않도록 하였는데, 혈관 이식술을 시행하여 혈관의 길이를 유지 할 수 있는 경우에는 향후

2차적으로 골 이식술을 시행 할 것을 고려하여 가능한 원래의 사지 길이를 유지하도록 하였다. 골 고정술은 상황에 따라 적당하다고 생각하는 것을 골라 선택하였다. 혈관은 동맥을 먼저 재건하였는데, 혈관의 손상이 거의 없이 깨끗이 잘린 절단 손상의 경우 단단 봉합을 시행하였고, 압력나 견열 손상에 의해 혈관이 손상된 경우, 정상 혈관이 노출될 때까지 절단하여 그 결손 길이에 맞춰 이식술을 시행하였다. 되도록이면 자가 정맥을 사용하여 재건하였으며, 1례에서(증례 5번 환자) 고텍스를 이용하여 쇠골하 동맥과 정맥을 재건하였다. 동맥 재건 후 순환의 여부를 확인하고 절단지의 정맥에서 혈류가 흘러 나오는 것을 5~10분정도 관찰한 뒤 다시 클램프로 막고 정맥을 재건하였다. 정맥은 절단 범위에 따라 1개 이상 재건하도록 하였다. 이후 동반된 신경 손상과 건 파열 등을 봉합하였다. 신경 손상의 경우 결손으로 인하여 이식술이 필요한 경우에도 2차적으로 수술할 것을 계획하였다. 연부 조직 손상과 결손이 심하여 골 노출이 된 경우에는 함께 피판술을 시행하여, 손상된 골 조직이 노출되지 않도록 하였다. 연부 조직 손상은 있지만, 골 노출이 되지 않도록 덮이는 경우에는 2차적으로 피판술이나 피부 이식술을 계획하였다. 연부 조직의 부종 정도에 따라 예방적 근막 절개술을 시행하였으며, 시행하지 않은 경우에도 집중 치료실에서 관찰하다가 부종이 심해지고 혈액순환이 나빠진다고 판단될 때는 즉시 근막 절개술을 시행할 수 있도록 대비하였다. 수술 후 환자는 허혈-재관류 손상과 저혈압 등의 위험성에 대비하여 5일간 집중 치료실에서 머무르도록 하였다. 술 후5일간 항응고제 치료를 받았으며, 오염의 정도에 따라 정맥 항생제 치료를 시행하였다. 2차 수술의 시기는 환자의 상태와 필요한 수술을 고려하여 적절히 결정하였다.

결과 분석: 환자의 성별, 나이, 절단 부위, 손상 기전, 허혈 시간, 손상 당시 주변 환경의

온도, 골 고정술의 방법, 골단축술의 시행 정도, 재건된 혈관, 재건된 신경, 2차적 처치, 수술 횟수, 입원 기간, 추시 관찰 기간, 통증 및 합병증, 이점 식별 능력에 대한 내용을 분석하고 평가하였다. 또한 마지막 추시 관찰 시에 기능적 결과는 Chen의 분류(Table 1)를 사용하여 평가하였으며, 상지에서는 한글판 DASH(Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand, 상지 기능 장애 평가) 설문지를 이용하여 기능을 평가 하였다. 손상 당시 주변 환경의 온도는 허혈 온도를 반영하는 것으로 수상 날짜와 시간을 조사하여 기상청 자료를 이용하여 측정되었다.

통계학적 분석 방법: 사지 보존 여부에 따라 총 허혈 시간의 차이와 손상 주변 환경 온도의 차이가 있는지를 Mann-Whitney U test로 비교 분석하였다. 완전 혹은 불완전 절단의 여부나 손상 부위에 따른 사지 보존 확률의 차이는 Fisher' s exact test를 써서 비교 분석하였다. 유의 수준은 5%로 하였다. 통계적 분석은 SPSS for Windows (version 18.0; SPSS, Chicago, Illinois)를 사용하였다.

Table 1. Chen's criteria for evaluation of function after extremity replantation

Grade	Function
I	Able to resume previously held employment; range of motion exceed 60% of normal; complete or nearly complete recovery of sensibility muscle power of grades 4 and 5
II	Able to resume professional activities; ROM exceeds 40% of normal; nearly complete sensibility; muscle power of grades 3 and 4
III	Able to lead normal daily life; ROM exceeds 30% of normal; partial recovery of sensibility; muscle power of grade 3
IV	Almost no useable function in survived limb

결 과

평균 허혈 시간은 380.1(범위: 120-600)분이었다. 총 25례중 23례에 상지를 보존하였다. 집합술을 시행하지 않고 처음부터 절단술을 시행한 경우는 1례, 집합술의 실패로 인한 절단은 1례였다. 집합술을 시행한 경우 사지 보존율은 상지 95.6%였다. 집합술을 시도한 24례중 12례에서 절단술을 포함한 최소한 1회이상의 추가적인 수술이 필요하였다. 상지를 보존한 23명에서 평균 수술 횟수는 2.13(범위: 1~5)회 및 입원 기간 42.2(범위: 7~135)일이었다. 마지막 추시관찰에서 평균 이접 식별력은 평균 7.7(범위: 4~15)mm였으며, 평균 VAS 점수는 2.91(범위: 1~7), 평균 DASH 점수는 13.2(범위: 2~85)이었다. 상지가 보존된 23례의 기능적 결과에 대하여서는 Chen의 분류로도 평가하였는데, 1등급은 15례, 2등급은 3례, 3등급은 3례, 4 등급은 2례였다. 합병증의 경우 허혈-재관류 손상이 나타난 경우는 2례였으며, 1례에서 절단술을 시행하였으며, 사망한 경우는 없었다. 불유합 및 골수염이 나타난 경우는 없었다. 부종 및 저린 증상은 총 10례에서 발생하였으나 시간이 지남에 따라 호전되는 양상이었다(Table 2).

사지 보존 여부 따라 허혈 시간과 손상 당시 주변 환경의 온도의 차이가 있는지를 Mann-Whitney U 를 이용하여 분석하였다. 허혈 시간은 사지 보존의 그룹은 359.3 ± 161.7 분, 사지 절단 그룹은 450.8 ± 216.9 분으로 통계학적으로 두 그룹간에 허혈 시간에는 차이가 없는 것으로 나타났다($p=0.273$). 허혈 온도에 영향을 주는 손상 당시 주변 환경의 온도에 대하여 분석한 결과 사지 보존 그룹은 15.2 ± 10.6 °C, 사지 절단 그룹은 21.5 ± 7.9 °C 로 통계학적으로는 두 그룹간에 손상 당시 주변 환경의 온도에는 차이가 없는 것으로 나타났다($p=0.113$). 완전 절단과 불안전 절단된 그룹에서 사지 보존율은 통계학적으로

유의한 차이를 보이지 않았다(Fisher exact test, $p=0.65$). 상지에서는 주관절부를 경계로 하여 절단 부위에 따른 사지 보존율에는 Fisher exact test에 의한 유의확률이 0.076 으로 0.05 의 유의 수준에서는 차이가 없었지만 경계역의 유의한 차이는 인정되었다($p<0.1$) (Table 3).

Table 2. Patients data

Patient	Age	Sex	Side	Level of amputation	complete or incomplete amputation	Mechanism of injury	Total ischemia time (min)	Environment temperature (°C)	Bone fixation technique	Bone shortening	Vessels repaired or reconstructed	Nerves repaired	Secondary procedures	F/U (mo)	Chen's criteria	수술횟수	입원기간	DASH	Limb Pain (VAS)	TPD (mm)	Complications
Upper Extremity																					
1	23	M	L	upper arm	incomplete	crush-avulsion	300	-0.6	ender nailing, wiring	3cm	BA, V(2)	UN, MN	Radial n. repair, skin graft, bone graft	39	1	5	134	12	4	7	raynoud, tingling, contracture
2	36	F	L	mid-forearm	incomplete	crush	240	16	plate(2)		RA, UA, V(2)	MN	contracture release, flap	48	2	3	135	41	3	8	
3	40	F	L	mid-forearm	complete	crush-avulsion	320	12	plate(2)	2.5cm	RA, UA, V(2)	MN		26	3	3	94	64	5	11	
4	39	M	R	wrist	complete	guillotine	290	30.2	external fixation	2cm	RA, UA, V(3)	UN, MN		19	2	3	54	2	2	10	
5	24	M	L	shoulder	incomplete	avulsion	540	9.1	plate	4cm	SubCA, V(2)	BP		32	4	4	65	76	6	12	sensory decrease
6	23	M	R	elbow	incomplete	guillotine	220	7.5			BA, V(2)	MN, UN	skin graft	14	1	3	35	9	3	7	
7	21	F	R	elbow	incomplete	avulsion	600	17.5	K-wire		BA, V(2)			27	1	3	59	10	3	5	
8	53	M	R	elbow	incomplete	guillotine	270	27.5			BA, V(2)			71	1	1	14	17	2	8	
9	40	F	R	elbow	incomplete	guillotine	170	21			BA, V(2)			85	2	1	25	20	3	12	IR injury, sepsis
10	28	F	L	upper arm	incomplete	crush-avulsion	480	15.3	plate, screw	1.5cm	BA, RA,UA, V(2)	RN	vessel graft, fasciotomy,	16	3	5	116	51	5	13	
11	14	M	L	wrist	incomplete	guillotine	280	18.9			UA, V(1)	UN, MN		55	1	1	15	10	2	5	
12	36	M	L	upper arm	incomplete	crush-avulsion	210	23.8	external fixation		BA, V(2)		amputation	20		6	125	91	5		
13	31	M	R	wrist	incomplete	guillotine	240	6.6			RA, V(1)	sRN, MN		28	1	1	12	7	2	5	IR injury
14	25	M	R	distal forearm	incomplete	guillotine	230	25.7			UA, V(1)	UN		29	1	2	20	11	2	4	
15	35	M	R	distal forearm	incomplete	guillotine	290	21.6			RA, V(1)	MN		19	1	1	14	7	2	5	
16	54	M	R	mid-forearm	incomplete	guillotine	330	25	external fixation	1cm	RA, V(2)	MN		17	1	2	25	15	2	5	
17	45	M	R	distal forearm	incomplete	guillotine	580	18.2			RA, V(1)	MN		20	1	1	12	17	2	5	sensory and motor decrease
18	31	M	L	distal forearm	incomplete	guillotine	120	24			RA, V(2)	MN		21	1	1	10	12	2	6	
19	39	M	R	upper arm	complete	crush-avulsion	540	15	plate	2.3cm	amputation		amputation	24		2	50	96	7		
20	16	M	L	upper arm	incomplete	guillotine	120	21			BA, V(2)			25	1	1	19	7	2	4	
21	70	M	R	wrist	incomplete	guillotine	300	7.4			RA, UA, V(2)	RN, MN		18	1	1	13	14	2	7	sensory and motor decrease
22	27	M	R	wrist	incomplete	guillotine	240	21			UA, V(1)	UN		12	1	1	7	13	2	6	
23	43	M	L	shoulder	incomplete	guillotine	540	-3.4			AA, V(2)	BP		19	4	1	29	85	5	15	
24	22	F	L	wrist	incomplete	guillotine	210	27.7			UA, V(1)	UN		7	1	1	17	17	2	5	
25	47	M	L	upper arm	complete	crush	265	24	plate	3.5cm	BA, V(2)	UN, MN	bone graft	7	3	4	47	63	4	12	

*SubCA- subclavian artery, AA-axillary artery, BA-brachial artery, RA-radial artery, UA-ulnar artery, V-veins

*BP-brachial plexus, RN-radial nerve, MN-median nerve, UN-ulnar nerve, sRN-superficial radial nerve

Table 3. Association of variables with respect to limb survival

Variables	Total	Limb survival	Limb lost	Test	<i>p</i>
total ischemia time (mean±sd) min	380.1 ± 177.7 (120~720)	359.3 ± 161.7	450.8 ± 216.9	Mann Whitney U	0.273
environment temperature (mean±sd) °C	16.6 ± 10.4 (-5.6~37.2)	15.2 ± 10.6	21.5 ± 7.9	Mann Whitney U	0.113
complete or incomplete amputation					
complete	7	5	2	Fisher exact test	0.65
incomplete	46	36	10		
level of amputation					
above elbow	15	9	6	Fisher exact test	0.076
below elbow	1	32	6		

증례보고

증례 1: 환자번호 7

21세 여자 환자, 승용차 뒷자석에 앉아 있던 탑승자로, 차가 전복되는 사고를 당하였으며 차 밖으로 환자가 튕겨져 나오면서 우측 팔꿈치가 후방으로 완전 탈구되는 손상을 입었다. 환자는 경추 골절 및 골반 골절이 동반되어 생명이 위급한 상황이었다. 우측 상완에서 팔꿈치 부위에 7cm 가량의 연부 조직의 개방성 창상이 보였으며, 손목에는 갈레아찌 골절이 동반되어 있었다. 허혈 시간은 10시간이었다. 상완 동맥의 견열 절단이 강하게 의심되면서, 팔꿈치 관절에서 후방으로 완전히 집힌 채 발견이 되었기 때문에 비록 불완전 절단이지만, 측부 순환이 거의 없는 상태였다. 허혈 시간이 길어졌기 때문에, 손상된 상완 동맥 먼저 단단 문합하고 2개의 정맥을 재건하였다. 손목의 골절은 여러 개의 K-wire로 고정하였다. 2년 3개월 뒤인 마지막 추시 관찰에서 환자는 정상 관절 운동 범위를 회복하였으며, 원래의 생활로 복귀한 상태였다(그림 1, 2, 3, 4).



그림 1. 21세 여자 환자 우측 주관절 부위에서 불완전 절단. 단순 방사선 사진에서 우측 주관절의 탈골과 원위 손목 관절의 갈레아찌 골절을 관찰 할 수 있다.

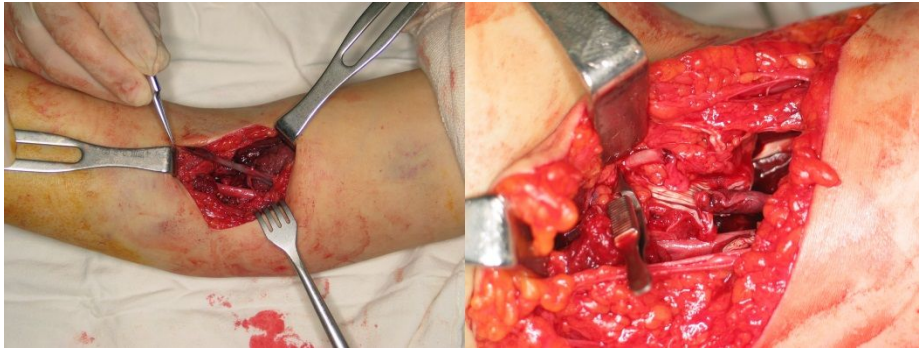


그림 2. 수술장 소견. 주관절 부위에서 상완 동맥이 견열, 절단되어 있다.

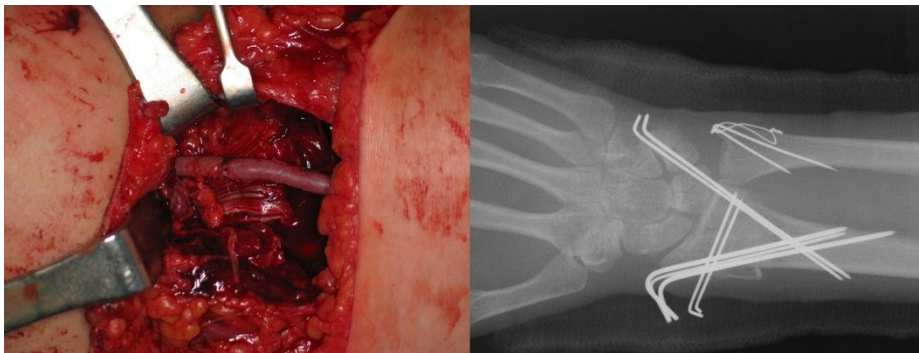


그림 3. 재접합술 및 골 고정술 후 사진. 손상된 혈관을 절단하고 단단 문합하여 재혈류화에 성공하였다. 원위 손목 관절의 갈레아찌 골절에 대하여 다발성 K-wire로 고정하였다.



그림 4. 추시 관찰 결과. 수술 후 2년 3개월 뒤, 환자는 정상 기능을 모두 회복하였다.

중례 2: 환자번호 10

28세 여자 환자로, 버스 바퀴에 우측 상완부가 깔리는 수상을 당하였다. 상완의 연부조직 손상과 주관절의 골절과 탈구가 함께 동반되어 있다. 혈관 조영술에서 주관절 이하 부위에서 상완 동맥과 그 분지인 요골, 척골 동맥이 분지 되지 않는 것이 관찰되었다. 허혈시간은 8시간이었다. 수술장 소견에서 주관절 부위에서 골절 탈골 되면서, 상완 동맥 이하 부위가 관찰되지 않으며, 요골 신경도 함께 절단되어 있다. 반대측 하지에서 대복재 정맥을 이식하여 상완동맥에서 요골동맥까지 재건술을 시행하였으며, 요골 신경을 단단 봉합하였다. 금속판과 나사못을 이용하여 척골골절에 대한 내고정술을 시행하였다. 혈관재건술 후 혈류는 성공적으로 개통되어 수지에서 혈류 순환이 잘 되고 있음을 확인할 수 있었다(그림 5, 6).



그림 5. 27세 여자 환자. 좌측 상완부에서의 불완전 절단. 상완의 연부조직 손상과 주관절의 골절과 탈구가 함께 동반되어 있다. 혈관 조영술에서 주관절 이하 부위에서 상완 동맥과 그 분지인 요골, 척골 동맥이 분리 되지 않는 것이 관찰된다.

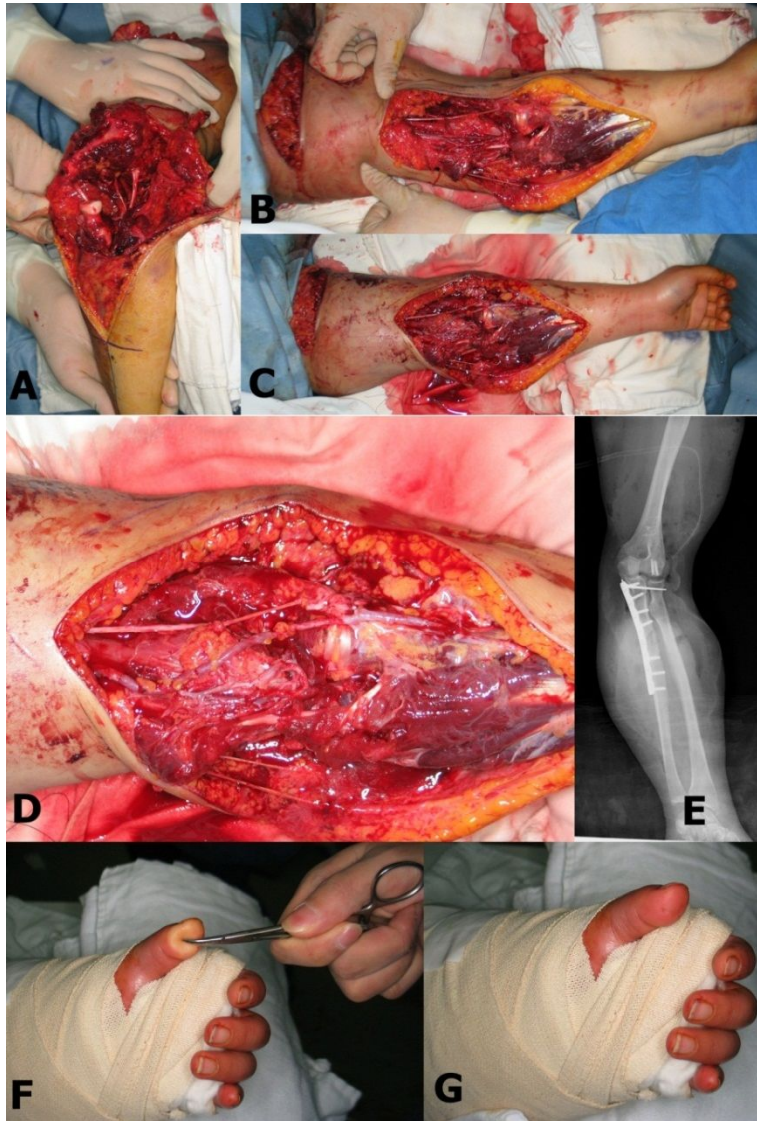


그림 6. 수술장 소견 및 재혈관화술 후 모습.

(A,B,C) 주관절부위에서 골절 탈골 되면서, 상완 동맥 이하 부위가 관찰되지 않으며, 요골 신경도 함께 절단되어 있다.

(D) 하지에서 대복재 정맥을 이식하여 상완동맥에서 요골동맥까지 재건술을 시행하였으며, 요골 신경을 단단 봉합하였다.

(E) 금속판과 나사못을 이용하여 요골 골절에 대하여 내고정술을 시행하였다.

(F,G) 혈관재건술 후 혈류가 개통되어 수지에서 혈류 순환이 잘 되고 있음을 확인할 수 있다.

중례 3: 환자번호 5

24세 남자환자로 오토바이 사고 후, 좌측 상지와 양측 하지의 다발성 손상을 입었다. 좌측 건관절 부위의 쇠골 골절 및 쇠골하 동맥의 견열 절단이 확인되었으며, 우측 슬관절 부위에서의 완전 절단, 좌측 족관절 부위의 불완전 절단이 동반되어 있었다. 환자의 허혈 시간은 9시간이었다. 좌측 건관절 쇠골하 동맥과 정맥의 파열과 상완 신경총의 견열 손상에 대하여서는 고텍스를 이용하여 혈관을 재건하였으며, 상완신경총의 견열 손상은 단단 봉합하였다. 이 후 좌측 쇠골 골절에 대하여서는 금속판으로 내고정술을 시행하였다. 좌측 족관절은 K-wire로 고정하고 후 경골 동맥 및 정맥과 신경을 모두 단단 봉합하였다. 우측 하지는 슬관절 상방에서 절단술을 시행하였다(그림 7, 8).

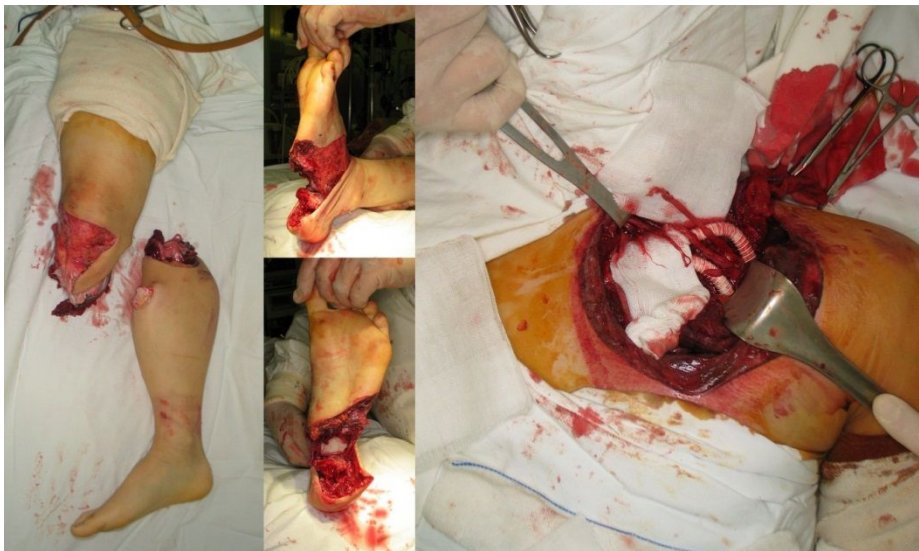


그림 7. 24세 남자환자의 다발성 손상. 우측 슬관절 부위에서의 완전 절단, 좌측 족관절 부위의 불완전 절단, 좌측 건관절 부위의 불완전 절단. 좌측 건관절 부위는 견열 손상으로 인한 쇠골 골절 및 쇠골하 동맥과 정맥의 파열 및 상완 신경총의 견열 손상을 입었다. 좌측 쇠골하 동맥과 정맥은 고텍스를 이용하여 재건하였으며 상완 신경총의 손상도 단단 봉합이 가능하였다.

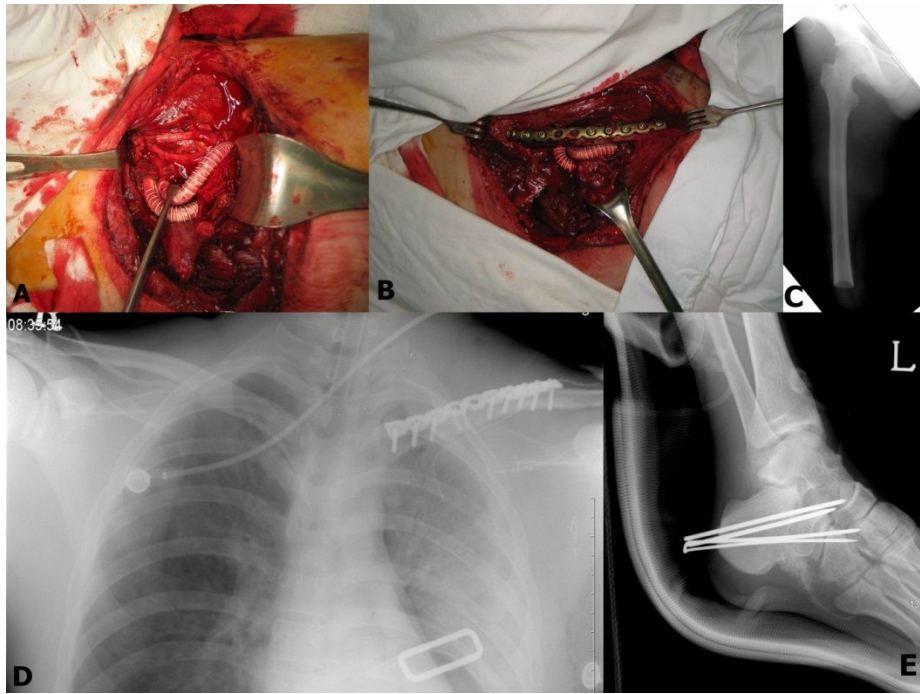


그림 8. 재혈관화술 및 골절 고정술 후 사진.

(A) 좌측 쇄골하 동맥 및 정맥을 고텍스 이식으로 재건하였으며, 상완신경총의 견열 손상이 확인되어 단단 봉합하였다.

(B) 좌측 쇄골 골절에 대하여서는 금속판으로 내고정술을 시행하였다.

(C) 우측 하지는 슬관절 상방에서 절단술을 시행하였다.

(D) 좌측 쇄골의 금속판 내고정술 이후 방사선 사진 결과.

(E) 좌측 족관절의 불안정 절단에 대하여 K-wire로 고정하고 후 경골 동맥 및 정맥과 신경을 모두 단단 봉합하였다.

증례 4 : 환자번호 6

23세 남자 환자로, 내원전 유리 창문이 깨어진 틈에 우측 전완부를 수상하여 내원하였다.

우측 전완부가 환상으로 유리에 깊은 열상을 입어, 골절 소견은 관찰되지 않았으나, 상완

동맥의 파열, 정중 신경 및 척측 신경이 완전 절단되어 있었고, 후방 및 측방에도 열상이

깊어 측부 순환이 거의 없는 상태였다. 허혈 시간은 3시간이었다. 수술실에서 대량으로

세척과 변연 절제술을 시행한뒤, 상완 동맥 및 3개의 정맥(상완정맥, 요측피정맥, 척측피

정맥), 정중 신경과 척측 신경을 모두 재건하였다. 이후 절단된 상완건 및 이두박건의 재

건을 시행하였다. 연부 조직의 결손에 대해서는 수술 후 2 주째, 전층 피부 이식으로 피

복하였다. 수술 후 1년 2개월 쯤 추시 관찰에서 환자는 정상 범위의 관절 운동 범위를

회복하였다(그림 9, 10, 11).

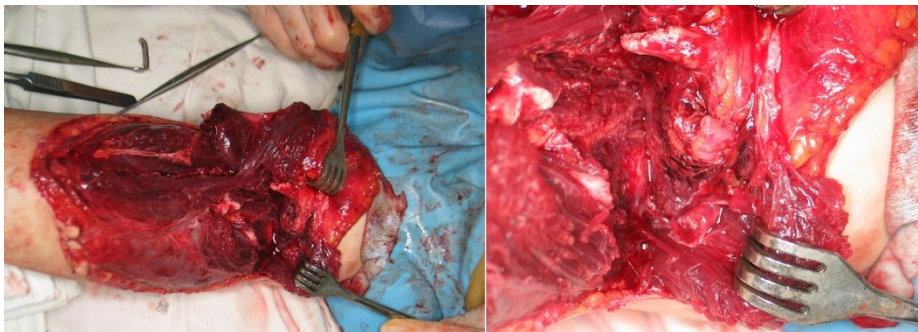


그림 9. 23세 남자 환자. 우측 전완부의 불완전 절단 손상으로 상완 동맥 및 정중 신경,

척골 신경이 모두 절단되어 있다.

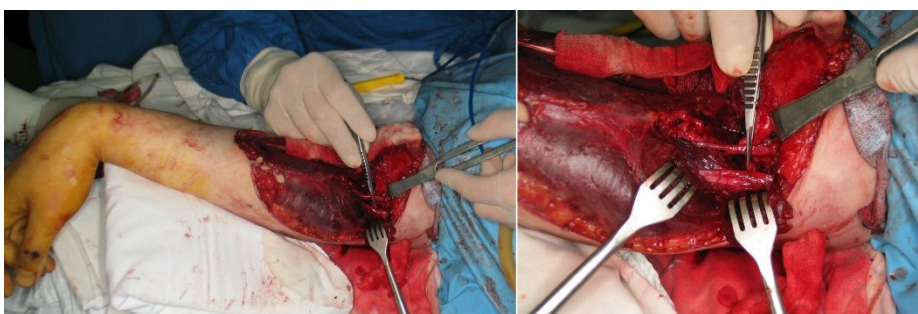


그림 10. 수술장 소견 및 재건술 후 사진. 상완 동맥 및 정맥, 정중 신경과 척골 신경을

모두 재건하였다.

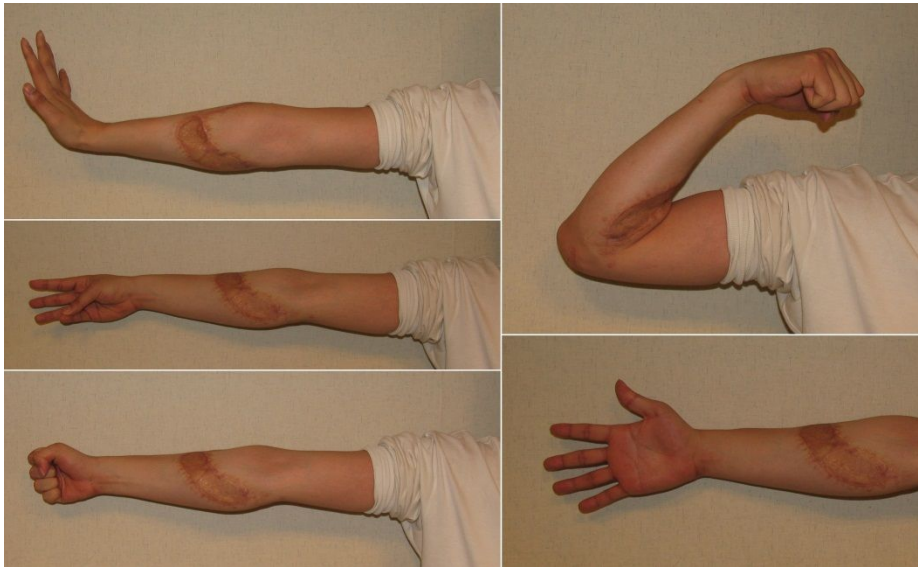


그림 11. 추시 관찰 결과. 수술 후 1년 2개월 쯤, 환자는 정상 범위의 관절 운동을 회복하였다.

고 찰

주요 사지 절단의 재접합에 관한 문헌은 흔치 않고, 더욱이 장기 결과를 보고한 문헌은 드물다. 상지에 대해서는 재접합술 후 기능적인 회복과 환자 만족도에서 우수한 결과를 보여주는 문헌이 많다(19-23). 2009년 Sugun 등은(23) 26명의 상지 재접합환자를 평균 11.3년 추적 관찰 한 결과에서 평균 DASH 점수는 6.7(범위:0~32.5)였으며, 재접합된 상지는 “helper arm”으로 사용함으로써 기능이 점차 향상되면서, 시간이 지날수록 재접합된 상지의 기능이 도움을 주는 조화로운 상지로 발전해 간다고 하였다. 본 연구에서의 평균 DASH 점수가 평균 34.4(범위: 6~71)개월 추적 관찰에서 평균 13.2(범위: 2~85)였는데, Sugun 등이(23) 보고한 점수보다 높았던 이유로는 추시 관찰 기간이 7년 정도 더 짧았으며, 그들의 연구는 손목 근위부 절단 환자에서만 이루어졌기 때문에 훨씬 기능적 결과가 좋았으리라고 생각된다. “ helper arm”의 개념은 사지 절단 환자의 재접합술의 목표으로써 언급되는 문헌이 있는데(22), 상완 신경총 마비 환자의 치료 목표에서 비롯된 것으로 안정된 어깨 관절, 팔꿈치 관절의 능동적 굴곡, 약간이라도 감각이 있는 손은 건강한 상지를 도와 기능을 할 수 있다는 것이다. 2007년 Sabapathy 등은(6) 22명의 주요 상지 절단환자에서 재접합술의 결과를 보고하였는데, 20명의 환자에서 상지를 보존할 수 있었으며, Chen 등은 1등급이 3명, 2등급이 9명으로 재접합술이 기능적인 면에서도 환자의 삶의 질을 향상시킬 수 있는 가치가 있는 수술이라고 주장하였다. 또한 상지 재접합술의 결과가 교정 절단이나 의수 사용의 결과보다는 기능적으로 우수하다는 것은 어느 정도 받아 들여지고 있다(24,25). 전통적으로 상지가 절단된 경우 의수에 의존 할 수 밖에 없으나, 미세한 물건을 잡는 능력과 촉감은 현대 의수의 발전으로도 해결되기 어려운 문제이다. 상지 절단 환자에

서 기능적 평가는 의수에 적응하여 사용하는 정도를 측정하는데, 문헌에 따라 차이는 있지만 의수 적응에 실패하는 비율이 21%~38% 정도로 보고되고 있으며, 그 이유로는 통증과 불편감, 무거움, 유용성이 제한되어 있다는 점등을 꼽고 있다(26-29).

하지만 대부분의 재접합술의 결과들은 한쪽 절단 환자들에서 분석된 것이고, 양쪽 절단 환자들은 또 다른 분류로 고려해야 할 부분이 있다. Afshar 와 Afshar에(30) 의하면 양측 상지 절단은 한쪽 상지 절단에 비하여 30~50배 드물게 발생하며, 그들이 느끼는 장애의 정도는 간단하게 한쪽 상지 절단 환자의 2배가 아니라고 하였다. 그들에 의하면 양쪽 상지 절단 환자 7명에 장기 추적 관찰해 본 결과, 2명의 환자에서만 양측 전동 의수를 사용하고 있었으며, 나머지에서는 감각이 없고, 무겁고, 부피가 큰 기계 장치 보다는 감각을 느낄 수 있는 절단 원위부가 더 낫다고 하였다고 한다(25). 2011년 Ostlie 등이(31) 224명의 상지 절단 환자에서 기능 장애 정도를 DASH 점수로 평가하였는데 한쪽 상지 절단 환자는 214명으로 평균 DASH 점수는 22.1(95% CI, 19.8~24.5), 양측 상지 절단 환자는 10명으로 평균 DASH 점수는 35.7(95% CI, 23.0 ~48.4)이었다. 즉 조평균의 차이(crude mean difference)는 13.6점이지만, 집단 간에 포함된 환자 수의 차이가 크기 때문에 이를 보정하였을 때는 21.8점이 차이가 난다고 분석하였다. 양쪽 상지가 절단된 경우 현재까지 개발된 의수로는 최소한의 일상생활도 어려운 상태이다. 이런 문제를 해결하기 위해서, 양쪽 상지 절단 환자들에 대하여 복합 조직 동종 이식(composite tissue allotransplantation, CTA)이 시도되었고, 1998년 프랑스 리옹에서 세계 최초의 한쪽 팔 이식이 시행되었다(14). 아직 우리나라에서는 보고된 바가 없지만, 전세계적으로 2013년 5월까지 IRHCTT(international Registry on Hand and Composite Tissue Transplantation)에 약

70례가 보고되고 있으며, 기능적으로도 고무적인 결과를 보여 주고 있다. 2011년 Petruzzo와 Dubernard는(15) 문헌에 보고된 39명의 환자에서 시행된 57례의 팔 이식 결과에 분석하고 보고였다. 18명에서는 양쪽, 21명에서는 한쪽 팔 이식이 시행되었으며 분석에 포함되었다. 환자가 사망한 경우는 1례로, 이 환자는 안면부와 양측 팔이식술을 동시에 시행받고 65일 뒤에 패혈증으로 사망하였다. 이식된 팔의 생존여부에 대해서는, 5례에서 팔 이식에 실패하여 절단하였다. 이식 후 첫 일년 동안 85%의 환자에서 한 번 이상의 급성 거부 반응을 나타냈으며, 이는 즉각 치료하여 회복되었다. 모든 환자에서 보호 감각(protective sensibility)을 획득하였으며, 90%에서 촉각(tactile sensibility), 82.3%에서 구별 감각(discriminative sensibility)을 회복하였으며, 운동 능력은 정상 생활을 할 정도로 회복하였다고 보고하였다. 팔이식 환자의 수술 전과 후의 기능 회복 정도에 대하여 비교한 문헌은, 2011년 Cavadas등이(16) 양측 팔이식을 시행한 3명의 환자에서 대하여 평가하여 발표한 것이 있다. 양측 팔 이식 후 3명의 환자에서 평균 DASH 점수는 29.9 ± 16.9 (범위: 11-44) ($p=0.046$)점이 감소하였으며, Chen의 기능 평가에서도 수술 전 3명 모두 4등급에서 수술 후 2등급을 나타냈다고 하였다. 대부분의 문헌에서는 수술 후의 기능 평가만 기록되어 있는 경우가 많고, 문헌마다 평가 시기는 다르지만, 팔 이식 후 추적 관찰 하는 기간 동안 지속적으로 DASH 점수에서 호전되는 경향을 보이는 경우가 대부분이다. 2006년 벨기에(17)와 2011년 프랑스(18), 호주(32), 스페인(16)에서 발표된 문헌을 정리하여 보면 평가 시기는 다르지만, DASH 점수는 4.3 ~ 55 사이의 점수를 나타냈다(Table 4). 2010년 Petruzzo 등(33)이 전세계적으로 33명의 환자에서 시행된 49례의 팔이식술의 결과를 분석하여 발표하였다. 이 문헌에 의하면, 양측 팔이식에서 평균 DASH 점수는 술 후 1년 쯤 38

점, 술 후 10년째 16점이었으며, 한쪽 팔이식에서는 술 후 1년째, 10년째 모두 10점이었다. 팔이식술과 재접합술의 기능적 결과에 대하여 평균 DASH 점수로 비교하여 보았을 때 2009년 Sugun 등은(23) 6.7점, 저자들은 13.2점으로 양측 팔 이식에서의 결과보다는 좋았지만, 한쪽 팔 이식의 결과와는 거의 비슷한 것으로 보인다. 이점 식별력은 본 연구에서는 평균 7.7mm(범위: 4~15)였고, 팔 이식술 후 감각 회복은 2009년 Jablecki등에(34) 의하면 6-12mm의 이점 식별력을 나타냈다(Table 5).

단일 기관에서 시행된, 팔 이식술과 재접합술의 기능적 결과에 대하여 직접 비교한 문헌은 현재(2013년 12월)까지 2009년 Jablecki등의(34) 발표가 유일하다. 그들은 2002년에서 2006년 사이 전완 중간부 절단 손상 후 재접합술을 시행한 환자 5명과, 전완부 중간부가 절단된 후 14년 뒤 팔 이식술을 시행 받은 32세 남자 1명의 결과를 비교 분석하여 발표하였다. 그들은 재접합술이 골유합과 악력에서는 더 우수하였으며, 팔이식술에서 감각회복은 더 우수한 결과를 보였다고 하였다. 관절 운동 범위, 환자 만족도, DASH 점수에서는 두 그룹에서 비슷한 정도의 결과를 보였다고 하였다. 하지만, 재접합술에 비하여 팔 이식술을 받은 환자의 수가 너무 적기 때문에 그들의 비교 결과는 큰 의미를 가진다고 보기는 어려울 것이다. 또한 그들은 연구 결과의 분석에서, 팔 이식술의 환자의 경우 오랜 기간 동안 장애 상태로 지내왔기 때문에 수술 후 기대치가 현실적이면서도 작은 상태의 호전에도 큰 만족감을 느끼고, 의사와의 순응도가 높고, 재활 의지도 강한 반면, 재접합술을 시행받은 환자는 이전에 장애 상태를 겪지 않았기 때문에 항상 절단되기 이전의 상태로 회복하기를 바라기 때문에 환자의 만족도는 낮아 질 수 밖에 없음을 고려해야 한다고 하였다.

팔이식술은 장기 추적 관찰에서 만족할 만한 기능 회복의 결과를 보여주고 있기 때문에, 팔

이식술은 양쪽 팔이 절단된 환자에서 동일한 조직으로 팔을 재건해 줄 수 있는 방법으로, 그 영역을 점점 넓혀 가고 있는 중이며, 한쪽 팔 이식의 경우로도 점점 적응증을 넓혀가고 있는 상태이다. 팔이식술에 대한 결과는 위에서 언급된 수술 후 환자 및 이식된 팔의 생존 여부와 기능 회복 정도 및 환자 만족도뿐만 아니라 면역 억제 치료 및 그에 따른 의학적 부작용과 경제적 비용, 윤리적인 문제, 문화적 정서 등을 포함하여 평가되어야 한다. 전통적인 장기 이식이 생명을 연장하는(life-saving operation) 필수적인 방법이라면, 팔 이식은 삶의 질을 향상시키는(quality of life-giving operation) 수단이기 때문에, 면역 억제제의 부작용과 얻을 수 있는 이점을 따졌을 때 과연 가치가 있는 수술인지에 대한 이견이 있다. 또한 팔 이식술에 드는 사회 경제적 비용이 엄청나기 때문에, 보조기 착용과 비교하였을 때 팔 이식의 사회 경제적 효용성에 대한 평가도 고려해야 할 것으로 생각된다. 마지막으로, 팔이식은 겉으로 보여지는 장기라는 특성, 즉 사망한 공여자의 신체 일부가 지속적 보여진다는 점 때문에 수여자 자신이 받아들일 수 있는가에 대한 문제도 결과에 영향을 줄 뿐만 아니라, 공여자 가족의 동의를 구하는 등의 다른 장기 이식과는 또 다른 어려움이 있다. 또한 아직까지는 장기 기증 자체에 대한 인식이 지역적, 문화적인 배경에 따라 차이가 크기 때문에 이에 대한 고려도 충분히 해야 할 것으로 생각된다(35). 하지만, 하지만 평생 면역 억제제를 복용해야 한다는 점과, 그에 따른 부작용과 사회 경제적 비용을 고려했을 때는 상지 재접합술이 가능하다면 성공할 수 있도록 하는 것이 좋다고 생각된다.

Table 4. Functional outcomes of arm transplantations shown in the other literatures

Patient	1(프랑스 ¹⁸)	2(프랑스 ¹⁸)	3(프랑스 ¹⁸)	4(프랑스 ¹⁸)	5(프랑스 ¹⁸)	6(벨기에 ¹⁷)	7(스페인 ¹⁶)	8(스페인 ¹⁶)	9(스페인 ¹⁶)	10(호주 ³²)	11(호주 ³²)	12(호주 ³²)	13(호주 ³²)
Transplantation date	2000.01	2003.04	2007.02	2008.07	2009.07	2002.06							
Sex	male	male	female	male	male	male	female	male	male				
Age at transplantation	33	21	27	29	21	22	43	29	28	46	41	24	54
Unilateral/Bilateral	B	B	B	B	B	U	B	B	B	B	B	B	U
Amputation level(R)	Wrist	mid-Forearm	mid-Forearm	Palm	distal-Forearm	mid-Forearm	Palm	mid-Forearm	Wrist	Wrist	mid-Forearm	Wrist	Wrist
Amputation level(L)	Wrist	distal-Forearm	distal-Forearm	Wrist	Wrist		Palm	mid-Forearm	Wrist	Wrist	mid-Forearm	Wrist	
Donor age	18	45	40	29	18	27							
F/U(year)	10	7	3	2	1	3	2	2	2	11	8	5	2
DASH	4.84	6.25	4.31	31.45	12.1	10.8	17.86	36.6	30.83	27	55	40	5
CHEN						1 or 2	2	2	2				
TPD						6mm							

Table 5. Indirect comparison of outcomes of replantation and arm transplantation

	Replantation or revascularization	Arm transplantation
	This study	Petruzzo et al.(2010) ³³
Number of patient	25 patients	33 patients
Unilateral/Bilateral	unilateral(25)	unilateral(17), bilateral(16)
Amputation level	upper arm(8), elbow(7) forearm~above wrist(10)	hand(47), arm(2)
Follow up	7~85 month	1month ~ 11 years
DASH	13.2	10(unilateral), 16(bilateral)
Sensory	7.7 (4~15) mm	tactile sensibility (90%) discriminative sensibility (84%)

결 론

상지에서 재접합술, 혹은 재혈관화술은 기능을 회복하는 좋은 방법이며, 절단 환자의 치료 방침을 결정할 때 재접합의 가능성을 최우선으로 염두에 두고 신중하게 결정해야 한다.

참 고 문 헌

1. Malt RA, McKhann CF. Replantation of severed arms. JAMA. 1964 Sep;189:716-22.
2. Leclère FM, Mathys L, Juon B, Franz T, Unglaub F, Vögelin E. Macroreplantations of the upper extremity: a series of 11 patients. Arch Orthop Trauma Surg. 2012 Dec; 132(12):1797–805.
3. Davis Sears E, Chung KC. Replantation of finger avulsion injuries: a systematic review of survival and functional outcomes. J Hand Surg Am. 2011 Apr;36(4):686-94.
4. Hahn HO, Jung SG. Results of replantation of amputated fingertips in 450 patients. J Reconstr Microsurg. 2006 Aug;22(6):407-13.
5. Petrsek PF, Homer-Vanniasinkam S, Walker PM. J Vasc Surg. Determinants of ischemic injury to skeletal muscle. J Vasc Surg. 1994; 19: 623–31.
6. Sabapathy SR, Venkatramani H, Bharathi RR, Dheenadhayalan J, Bhat VR, Rajasekaran S. Technical considerations and functional outcome of 22 major replantations. J Hand Surg Eur Vol. 2007 Oct;32(5):488-501.
7. Belkin M, Brown RD, Wright JG, LaMorte WW, Hobson RW 2nd. A new quantitative spectrophotometric assay of ischemia-reperfusion injury in skeletal muscle. Am J Surg. 1988 Aug;156(2):83-6.
8. Blaisdell FW. The pathophysiology of skeletal muscle ischemia and the reperfusion syndrome: a review. Cardiovasc Surg. 2002 Dec;10(6):620-30.
9. Wood MB, Cooney WP 3rd. Above elbow limb replantation: functional results. J Hand Surg Am. 1986 Sep;11(5):682-7.
10. Tekin L, Safaz Y, Göktepe AS, Yazıcıoğlu K. Comparison of quality of life and functionality in patients with traumatic unilateral below knee amputation and salvage surgery. Prosthet Orthot Int. 2009 Mar;33(1):17-24.
11. Hansen ST Jr. Overview of the severely traumatized lower limb: Reconstruction versus amputation. Clin Orthop. 1989;243:17–9.
12. Moore TJ, Green SA, Garland DE. Severe trauma to the lower extremity long-term sequelae.

South Med J. 1989;82:843–44.

13. Bosse MJ, MacKenzie EJ, Kellam JF, Burgess AR, Webb LX, Swiontkowski MF, et al. An analysis of outcomes of reconstruction or amputation after leg-threatening injuries. *N Engl J Med*. 2002;347:1924–31.

14. Dubernard JM, Owen E, Herzberg G, Lanzetta M, Martin X, Kapila H, et al. Human hand allograft: report on first 6 months. *Lancet*. 1999 Apr 17;353(9161):1315-20.

15. Petruzzo P, Dubernard JM. The International Registry on Hand and Composite Tissue allotransplantation. *Clin Transpl*. 2011:247-53.

16. Cavadas PC, Landin L, Thione A, Rodríguez-Pérez JC, Garcia-Bello MA, Ibañez J, et al. The Spanish experience with hand, forearm, and arm transplantation. *Hand Clin*. 2011 Nov;27(4):443-53.

17. Schuind F, Van Holder C, Mouraux D, Robert Ch, Meyer A, Salvia P, et al. The first Belgian hand transplantation-37 month term results. *J Hand Surg Br*. 2006 Aug;31(4):371-6.

18. Petruzzo P, Dubernard JM. World experience after more than a decade of clinical hand transplantation: update on the French program. *Hand Clin*. 2011 Nov;27(4):411-46.

19. Atzei A, Pignatti M, Maria Baldrighi C, Maranzano M, Cugola L. Longterm results of replantation of the proximal forearm following avulsion amputation. *Microsurgery*. 2005;25(4):293-8.

20. Yaffe B, Hutt D, Yaniv Y, Engel J. Major upper extremity replantations. *J Hand Microsurg*. 2009 Dec;1(2):63-7.

21. Daoutis NK, Gerostathopoulos N, Efsthathopoulos D, Misitzis D, Bouchlis G, Anagnostou S. Major amputation of the upper extremity. Functional results after replantation or revascularization in 47 cases. *Acta Orthop Scand Suppl*. 1995 Jun;264:7-8.

22. Dagum AB, Slesarenko Y, Winston L, Tottenham V. Long-term outcome of replantation of proximal-third amputated arm: a worthwhile endeavor. *Tech Hand Up Extrem Surg*. 2007 Dec;11(4):231-5.

23. Sugun TS, Ozaksar K, Ada S, Kul F, Ozerkan F, Kaplan I, et al. Long-term results of major upper extremity replantations. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2009 May-Jul;43(3):206-13.

24. Graham B, Adkins P, Tsai TM, Firrell J, Breidenbach WC. Major replantation versus revision amputation and prosthetic fitting in the upper extremity: a late functional outcomes study. *J Hand Surg Am.* 1998 Sep;23(5):783-91.
25. Peacock K, Tsai TM. Comparison of functional results of replantation versus prosthesis in a patient with bilateral arm amputation. *Clin Orthop Relat Res.* 1987 Jan;(214):153-9.
26. Wright TW, Hagen AD, Wood MB. Prosthetic usage in major upper extremity amputations. *J Hand Surg Am.* 1995 Jul;20(4):619-22.
27. Bhaskaranand K, Bhat AK, Acharya KN. Prosthetic rehabilitation in traumatic upper limb amputees (an Indian perspective). *Arch Orthop Trauma Surg.* 2003 Sep;123(7):363-6.
28. Dudkiewicz I, Gabrielov R, Seiv-Ner I, Zelig G, Heim M. Evaluation of prosthetic usage in upper limb amputees. *Disabil Rehabil.* 2004 Jan 7;26(1):60-3.
29. Raichle KA, Hanley MA, Molton I, Kadel NJ, Campbell K, Phelps, E et al. Prosthesis use in persons with lower- and upper-limb amputation. *J Rehabil Res Dev.* 2008;45(7):961-72.
30. Afshar A, Afshar N. Long-term follow-up evaluation of bilateral total hand loss. *J Hand Surg Am.* 2007 Oct;32(8):1148-53.
31. Ostlie K, Franklin RJ, Skjeldal OH, Skrondal A, Magnus P. Assessing physical function in adult acquired major upper-limb amputees by combining the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) Outcome Questionnaire and clinical examination. *Arch Phys Med Rehabil.* 2011 Oct;92(10):1636-45.
32. Ninkovic M, Weissenbacher A, Gabl M, Pierer G, Pratschke J, Margreiter R, et al. Functional outcome after hand and forearm transplantation: what can be achieved? *Hand Clin.* 2011 Nov;27:455-65.
33. Petruzzo P, Lanzetta M, Dubernard JM, Landin L, Cavadas P, et al. The International Registry on Hand and Composite Tissue Transplantation. *Transplantation.* 2010 Dec 27;90(12):1590-4.
34. Jablecki J, Kaczmarzyk L, Patrzalek D, Domanasiewicz A, Chełmoński A. A detailed comparison of the functional outcome after midforearm replantations versus midforearm transplantation. *Transplant Proc.* 2009 Mar;41(2):513-6.

35. Siemionow MZ, Rampazzo A, Gharb BB. Addressing religious and cultural differences in views on transplantation, including composite tissue allotransplantation. *Ann Plast Surg*. 2011 Apr;66(4):410-5.

Abstract

Introduction: Major upper extremity replantation is defined as replantation of limbs proximal to the wrist. Advancements of microsurgical techniques and equipment have improved functional results of major replantations. The goal of treatment is to obtain a nearly normal functioning extremity with an acceptable cosmetic result. This study is to review our experience with major upper extremity replantations or revascularizations after complete or incomplete amputation injury performed from 2000-2013. This report provides an indirect comparative analysis of the functional results after major replantation versus previously published reports of arm transplantation in upper extremity.

Methods: 25 consecutive patients who underwent major upper extremity replantations or revascularizations were evaluated retrospectively in this study. The mean age at time of surgery was 35.6 (range 14 to 70) years. The mean follow-up was 34.4 (range 7 to 85) months. There was no bilateral amputation. There were 4 complete amputations and 21 incomplete amputations. The mechanism of injury was crush-avulsion in 5, guillotine or deep laceration in 16, crush in 2, and avulsion in 2. There were 8 shoulder and upper arm level, 7 elbow and forearm level, and 10 distal forearm and wrist level amputations in upper extremities. Functional results were assessed using the Korean version of the Disabilities of the Arms, Shoulder and Hand (DASH).

Results: The mean ischemic time was 380.1 (range 120 to 600) min. 23 of 25 limbs survived. There were no significant differences in ischemia time and environment temperature between the two groups of patients with respect to limb survival. ($p=0.273$ and $p=0.113$, respectively). The type of amputation and level of injury had no significant association with limb survival. ($p=0.65$ and $p=0.076$, respectively). In the upper extremity, the mean two point discrimination test result was 7.7 (range 4 to 15) mm, mean visual analog score was 2.91 (range 1 to 7), and mean DASH score was 13.2 (range 2 to 85).

Conclusion: The promising results achieved in our major upper extremity replantation or

revascularization patients, which was in some respects superior to those in arm transplantation patients lead us to recommend that replantation or revascularization continue to be considered as first-line treatment.

Keywords: major upper extremity replantation, revascularization, amputation, arm transplantation, prosthesis

Student number: 2012-21707